

OPTISCHES MESSVERFAHREN FÜR REPRODUZIERBARE NANOMETER-GENAUIGKEIT

Mehr Scharfblick mit Fokus-Variation

ASTRID KRENN

Steile Flanken und starke Spiegelungen bereiten der optischen Qualitätskontrolle von Mikrobautteilen Probleme. Eine Lösung bietet das Messverfahren der Fokus-Variation: Es ermöglicht nicht nur die robuste und reproduzierbare Messung komplexer Topografien mit einer vertikalen Auflösung von bis zu 10 nm, sondern liefert zu den registrierten Höhendaten auch vollständige Farbinformationen.

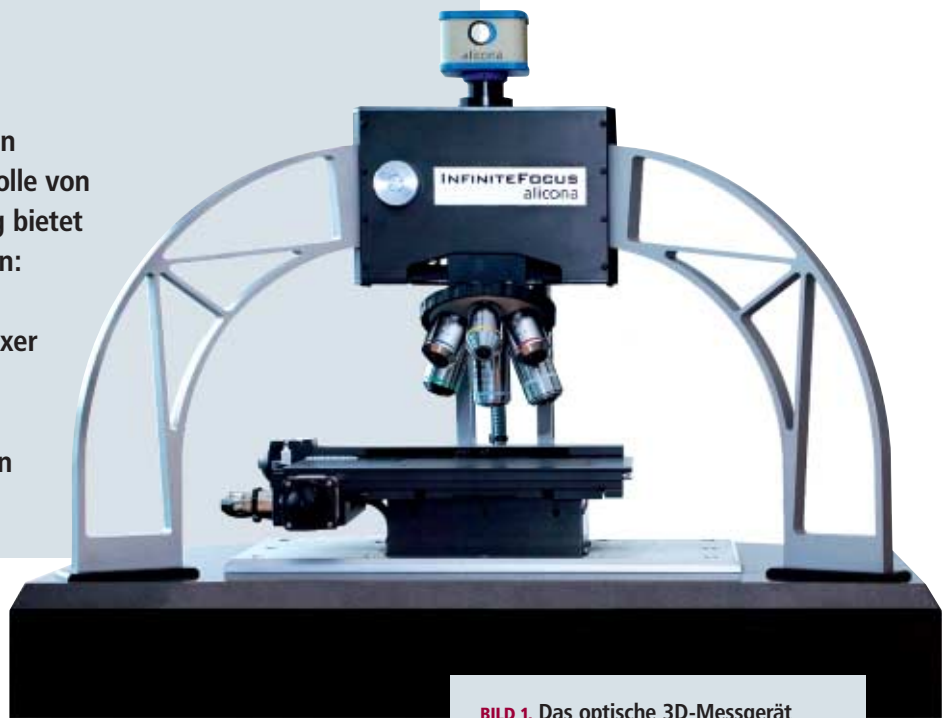


BILD 1. Das optische 3D-Messgerät zur Oberflächenmessung basiert auf der ›Fokus-Variation‹. Dieses Messverfahren nutzt die geringe Schärfentiefe der Optik, um die Tiefeninformation einer Oberfläche nm-genau zu extrahieren

Die fortschreitende Miniaturisierung von Produkten sowie die zunehmende Automatisierung mikrotechnischer Fertigungsprozesse beschleunigen die Suche nach Messsystemen, die eine effiziente und robuste Qualitätskontrolle mit μm - und nm -Genauigkeit ermöglichen. Trotz des Booms der optischen Messtechnik und der Fortschritte, die auf diesem Gebiet in den letzten Jahren gemacht wurden, besteht in der Industrie wachsender Bedarf an Messverfahren für mikrotechnische Anwendungen. Besonders Augenmerk gilt vor allem Eigenschaften wie Genauigkeit, Geschwindigkeit, Inline-Tauglichkeit und Wiederholbarkeit.

3D-Oberflächenmessung mit der Fokus-Variation

Vor diesem Hintergrund entwickelte Alicona Imaging aus dem österreichischen Grambach das Messverfahren der sogenannten Fokus-Variation (Bild 1). In der konventionellen optischen Messtechnik wird eine hohe vertikale Auflösung nur über einen relativ geringen vertikalen Scan-Bereich erreicht. Demgegenüber handelt es sich bei der Fokus-Variation um ein Messverfahren, das die geringe Schärfentiefe der Optik nutzt, um die Tiefeninformation einer Probenoberfläche zu extrahieren. Dazu wird die

Änderung beziehungsweise Variation der Schärfe analysiert, also in Abhängigkeit der Oberflächentopografie zum Abstand der Optik. Die Fokus-Variation erreicht damit eine sehr hohe vertikale Auflösungsdynamik.

Das von Alicona entwickelte optische 3D-Messgerät ›InfiniteFocus‹ nutzt das Verfahren der Fokus-Variation. Damit steht ein Messsystem zur Verfügung, das selbst bei großen Messbereichen und einer vertikalen Auflösung besser 10 nm eine hohe Wiederholgenauigkeit erzielt. Oberflächen mit sehr steilen Flanken oder Topografien mit stark

reflektierenden Komponenten, wie sie für Mikrobautteile charakteristisch sind, werden präzise mit einer Messpunktdichte zwischen zwei und 16 Millionen Messpunkten gescannt. Zudem wird die Qualität jedes Messpunkts berechnet. Auf diese Weise leistet die Fokus-Variation einen maßgeblichen Beitrag zur Umsetzung von Null-Fehler-Konzepten sowohl in der Produktion als auch im Labor.

Hohe Auflösungsdynamik über den gesamten Scan-Bereich

Die vertikale Auflösung ist für jedes Objektiv frei wählbar und wird über den gesamten Scan-Bereich garantiert. So werden höchste Auflösungen auch über mehrere Millimeter und damit eine Auflösungsdynamik von 1 : 200 000 erreicht. Eine hohe >>

HERSTELLER

Alicona Imaging GmbH
A-8074 Grambach
Tel. +43/3 16/40 00-7 00
Fax +43/3 16/40 00-7 11
www.alicona.com

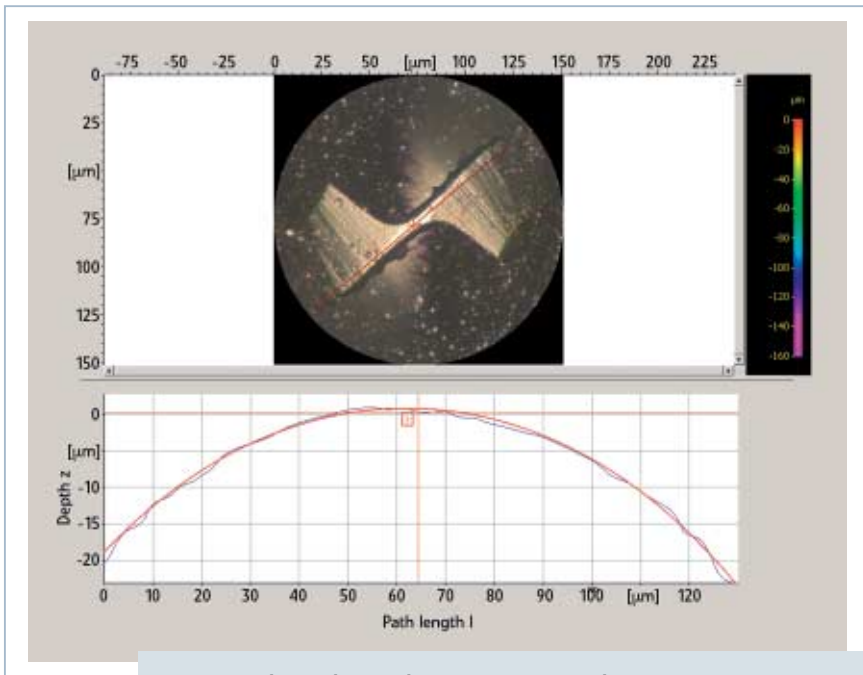


BILD 2. Berührungslose Radiusmessung einer Bohrerspitze: Die spiegelnde Topografie mit den steilen Flanken wird schnell und in höchster Genauigkeit gemessen. Soll-Ist-Werte können berechnet und zur Verschleißanalyse verwendet werden

Auflösungsdynamik erlaubt auch Messaufgaben mit höchsten Genauigkeitsanforderungen über große Messbereiche, was vor allem bei der Messung von relativ großen Bauteilgeometrien notwendig ist. Im Gegensatz zu vielen anderen optischen Messverfahren hat die Fokus-Variation zudem den Vorteil, dass die registrierten Höhendaten die volle Farbinformation enthalten. Dies ist beispielsweise dann wichtig, wenn Höhenänderungen einer Probe kategorisiert werden sollen und nur durch Farbinformationen entschieden werden kann, ob es sich bei einem Artefakt um einen Schmutzpartikel oder einen echten Defekt handelt.

Die Hauptkomponente von InfiniteFocus ist eine Präzisionsoptik. Sie enthält diverse Linsensysteme und kann mit verschiedenen Objektiven ausgestattet werden, um so Objekte in maximaler Auflösung zu messen. Mithilfe eines halbdurchlässigen Spiegels wird Licht von einer Weißlichtquelle in den optischen Pfad des Geräts geleitet und über das Objektiv auf die Probe fokussiert.

Aus den 2D-Daten entsteht ein 3-dimensionales Bild

Wenn das Licht auf der Probe auftrifft, wird es je nach Probenbeschaffenheit in verschiedene Richtungen reflektiert. Bei diffusen Oberflächen findet die Reflexion in alle Richtungen gleichmäßig statt, bei spiegelnden

Topografien hauptsächlich in eine Richtung. Alle ausgehenden Lichtstrahlen, die auf das Objektiv treffen, werden mithilfe der Optik gebündelt und von einem lichtempfindlichen Sensor, der sich auf der Rückseite des Spiegels befindet, detektiert. Aufgrund der geringen Schärfentiefe des Systems werden immer nur kleinere Bereiche des Objekts scharf abgebildet. Um eine 3D-Messung zu

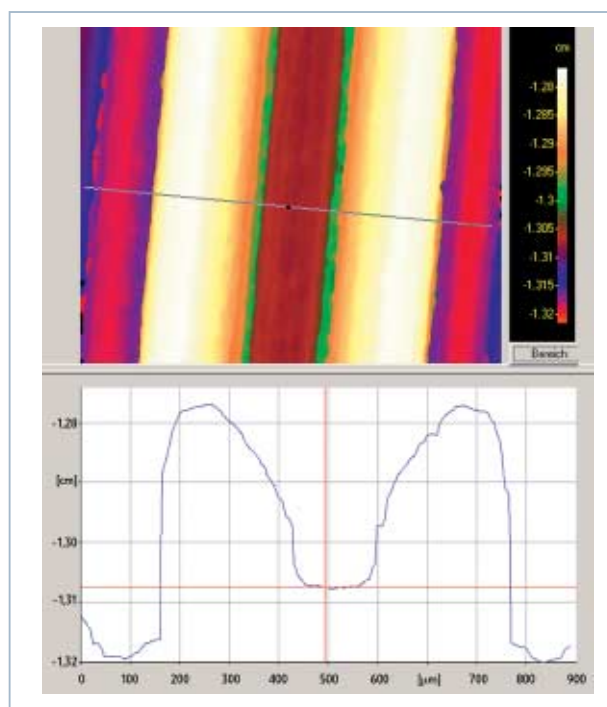


BILD 3. Das Messgerät »InfiniteFocus« misst Flankenwinkel von mehr als 80°. Die zu messende Oberflächenregion wird vom Anwender direkt im optischen Farbbild oder Falschfarbenbild gewählt. Die visuelle Verknüpfung zwischen Probenoberfläche und Tiefeninformation macht die Oberflächenanalyse wesentlich präziser und flexibler

ermöglichen und ein vollkommen scharfes Bild zu erhalten, wird die Präzisionsoptik entlang der optischen Achse vertikal verschoben. Damit lässt sich jeder Bereich der Probe scharf abbilden. Bei diesem Scanprozess wird mithilfe des Sensors eine Serie von 2D-Datensätzen erfasst und ausgewertet, um auf diese Weise 3D-Daten zu erhalten und ein vollkommen scharfes Bild der Probe zu generieren. Diese Auswertung geschieht in mehreren Schritten: Zunächst wird für jeden Punkt, der vom Sensor erfasst wurde, ein Schärfemaß berechnet. Daraus lässt sich bestimmen, an welcher Z-Position jeder Objektpunkt am schärfsten abgebildet wurde. Auf diese Weise wird für jeden Objektpunkt ein 3D-Messwert erstellt.

In der Literatur sind verschiedenste Methoden für die Berechnung der Schärfe eines Bilds bekannt, wobei die Methoden zumeist auf der Auswertung der Grauwertdaten beruhen. Grundsätzlich gilt, dass ein Objektpunkt umso schärfer abgebildet wird, je stärker die Variation der Sensorwerte in einem kleinen lokalen Bereich ist. Eines der gängigsten Schärfemaße ist es demzufolge, alle Werte in einem kleinen lokalen Bereich aufzulisten und deren Standardabweichung als Maß für die Schärfe zu verwenden.

Im Labor und zur Inline-Messung

Aufgrund der großen generierten Datenmengen ist es möglich, mechanische Einschränkungen zu umgehen. Damit werden für jede Z-Position hochauflösende Messwerte

generiert. Sobald die Höhendaten topografisch erfasst worden sind, wird ein Farbbild mit durchgehender Schärfentiefe erzeugt.

Das Messgerät InfiniteFocus wird sowohl im Labor als auch zur schnellen und robusten Oberflächenmessung in der Produktion eingesetzt. Zur Inline-Kontrolle beziehungsweise für produktionsbegleitende Messungen stehen Sensoren zur Verfügung, die auf die jeweilige Applikation abgestimmt sind. Mit diesen Sensoren erhält der Anwender dasselbe Spektrum an Mess- und Einsatzmöglichkeiten, das mit dem Messsystem im Labor zur Verfügung steht. Die robuste und kompakte Ausführung der Sensoren ermöglicht auch den Einsatz in rauer Umgebung.

Soll-Ist-Vergleich von 3D-Modellen

Bauteile werden basierend auf CAD-Modellen gefertigt. Zur Beurteilung ihrer Fertigungsqualität muss evaluiert werden, ob gemessene Werte innerhalb der Fertigungstoleranzen liegen. Um die Differenz

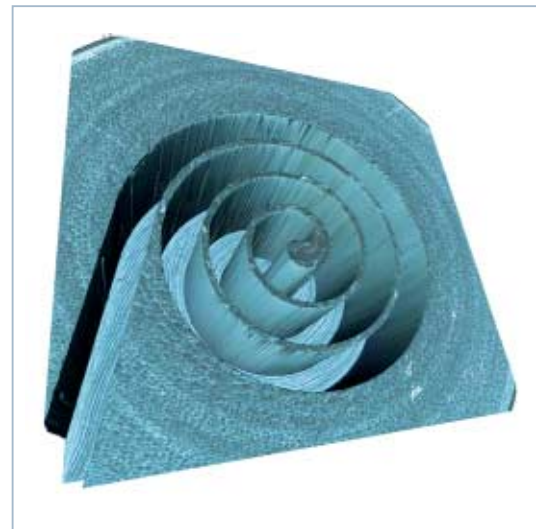


BILD 4. Gerade im Werkzeug- und Formenbau gilt es, sowohl die Oberfläche der zerspanenden Werkzeuge als auch die zerspannten Bauteile zu messen. Auch bei Oberflächen mit großem Gesichtsfeld werden die steilen Flanken von zirkulären Frässtrukturen robust gemessen

ten und Standzeiten und ist deshalb für die optimale Zerspanung beim Bohren, Drehen und Fräsen entscheidend.

Eine häufige Anwendung in der Qualitätssicherung der zerspanenden Industrie ist die

die Oberflächenkontrolle des (meist) zerspanten oder gefrästen Bauteils unerlässlich (Bild 4). Auch bei Oberflächen mit großen lateralen und vertikalen Scan-Bereichen werden Geometrien wie zirkuläre Frässtrukturen oder Werkzeugspitzen und Kanten robust gemessen.

Oberflächenmessung von Mikrozahnradern

InfiniteFocus wird von einer Reihe führender Unternehmen erfolgreich unter anderem zur Messung und Überprüfung von Mikrozahnradern eingesetzt (Bild 5). Diese sind meistens aus Kunststoff oder Metall gefertigt und weisen zum Teil Durchmesser von weniger als 1 mm auf. Eine wesentliche Voraussetzung für die Messung solcher Zahnräder ist die Fähigkeit des optischen 3D-Messgeräts, auch an steilen Flanken Messwerte erfassen zu können. Flankenwinkel von über 80°, wie sie beispielsweise an den Zähnen eines Mikrozahnrad aufzutreten, werden robust und innerhalb von Sekunden gemessen. Die Anwendung unterschiedlicher Analyse-Methoden ermöglicht zudem die Bestimmung wichtiger Parameter des Zahnrad. Dazu zählt zum Beispiel der Innen- und Außendurchmesser, der Flankenwinkel des Zahnrad oder der Winkel eines schräg verzahnten Zahnrad. Durch die kombinierte Auswertung von Tiefendaten und Echtfarbdaten, die InfiniteFocus liefert, ist es zudem auf einfache Weise möglich, die Ursache von Defekten an Mikrobauteilen festzustellen. ■

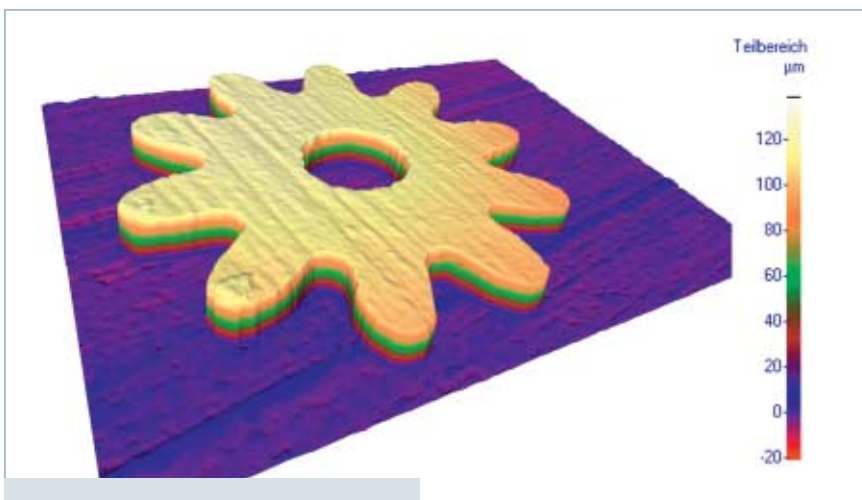


BILD 5. Mikrozahnrad mit durchgehender Schärfentiefe in Falschfarben-visualisierung: Auch große Gesichtsfelder werden mit einer Dichte von zwei bis 16 Millionen Messpunkten gerastert

zwischen den Soll- und Ist-Werten ermitteln zu können, lassen sich verschiedene 3D-Modelle miteinander vergleichen.

Die Fokus-Variation ist ein ideales Verfahren zur Verschleißanalyse in der zerspanenden Industrie. Der Zustand der Werkzeuge beeinflusst massiv Prozessparameter wie Schnittgeschwindigkeit, Schneideigenschaf-

Messung von Winkeln zwischen den Flanken von Fräterspitzen (Bild 2). Derartige Oberflächen weisen oft sehr steile und unterschiedliche Flankenwinkel auf und können deshalb von vielen optischen Messsystemen nicht gemessen werden. Mit InfiniteFocus werden beispielsweise auch Fräterspitzen mit Flankenwinkeln bis zu 80° gemessen (Bild 3). Zudem werden auch Oberflächendetails wie die Riefen eines gefrästen Bauteils gemessen.

Die Fokus-Variation ermöglicht zudem die hochgenaue Messung kritischer Geometrien von Präzisionswerkzeugen. Gerade im Werkzeug- und Formenbau ist sowohl die Qualitätskontrolle des Werkzeugs selbst als auch

M.A. Astrid Krenn

ist im Marketing/Vertrieb bei Alicona in Grambach/Österreich tätig;
astrid.krenn@alicono.com